

ROSARIO ABBATE<sup>1</sup>, SALVATORE CAPPADONA IGNAZZITTO<sup>1</sup>,  
ANTONIO CIMINO<sup>1</sup>, CAROLINA DI PATTI<sup>2</sup>, SANTINO ORECCHIO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sezione Geofisica del Dipartimento C.F.T.A. dell'Università di Palermo,

Via Archirafi 36, 90123 Palermo (*email* cimino@unipa.it)

<sup>2</sup> Dipartimento Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo,

Corso Tukory 131, 90100 Palermo (*email* mgup@unipa.it)

<sup>3</sup> Dipartimento Chimica Inorganica dell'Università di Palermo,

Viale delle Scienze, 90100 Palermo (*email* orecchio@unipa.it)

## INDAGINI INTEGRATE PER LA VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE AMBIENTALI NELL'AREA CARBONATICA DI MONTE SAN FRATELLO (ZONA B DEL PARCO DEI NEBRODI)

### RIASSUNTO

Il Monte San Fratello costituisce un apprezzabile *reservoir* idrico per una regione i cui acquiferi sono nell'insieme vulnerabili nei confronti dell'inquinamento. Nel settore N di quest'area, nell'ambito di una zona di rilevante interesse naturalistico, si apre la Grotta di San Teodoro. Scavi eseguiti sia all'interno di questa cavità sia nel *talus* hanno portato alla luce migliaia di resti di ippopotami e un deposito paleolitico, ricco di manufatti e di resti umani. In questa nota gli AA. evidenziano gli aspetti naturalistici del territorio, tra i quali la geomorfologia e le peculiarità dei depositi fossiliferi, nonché le caratteristiche chimico-fisiche della falda idrica nel massiccio carbonatico.

### SUMMARY

In the Nebrodi territory, the environmental and hydrogeological study of San Fratello Mt. assumes a great importance. This is particularly true for the highest part of the mountain that is included in the "B Zone" of the wildlife Regional Park. The whole area contains notable water reservoirs that present a high vulnerability to pollution. In fact, it is essential to consider the protection of the relevant karst aquifer. Here the human intervention caused overdraft of aquifers and a general scarcity of waters. Furthermore, noticeable naturalistic elements occur: in the Northern sector the San Teodoro grotto represents a very important palaeontological zone, with a large quantity of human and animal fossils found in the talus as well in the interior of the cavity. In this note, beside a detailed geological survey, Authors evidence the several environmental aspects of the territory, among them the geomorphology, the fossil deposits and the chemical and physical characteristics of the karst aquifers.

### INTRODUZIONE

Nell'agosto del 1993 la Regione Siciliana istituiva nel suo settore N-E il Parco Naturale dei Nebrodi, uno dei più estesi dell'area mediterranea. In tal modo si è inteso tutelare un territorio di pregevole bellezza (850 km<sup>2</sup>), sottraendolo alla speculazione e all'abusivismo edilizio.

Spesso l'attività dell'Ente Parco, rivolta alla tutela e alla gestione dell'ambiente, non è stata interamente condivisa dalle comunità locali, che la ritenevano limitante per lo sviluppo economico di questo territorio. Frequenti, inoltre, sono i casi in cui le attività antropiche hanno causato problemi in aree localizzate all'interno o in zone limitrofe alla riserva naturale.

Da più di un ventennio i Nebrodi sono oggetto di studio da parte degli autori della presente nota, che hanno investigato l'area sotto diversi aspetti, contribuendo alla conoscenza ambientale di un territorio caratterizzato dalla presenza di ragguardevoli emergenze naturalistiche, spesso minacciate dalla frequente scarsità d'acqua e dagli interventi antropici.

Il presente lavoro rappresenta un ulteriore contributo di carattere interdisciplinare su un'area ben delimitata, nella quale insistono caratteristiche ambientali di straordinaria importanza e in cui per la prima volta sono state eseguite indagini – sia di campagna, sia di laboratorio – particolarmente accurate, con la raccolta e l'archiviazione di numerose informazioni territoriali, a loro volta inserite in *database* informatizzati.

## LE RISORSE AMBIENTALI DI MONTE SAN FRATELLO

Il settore sommitale del massiccio carbonatico di Monte San Fratello (Fig. 1), pur distante all'incirca 4 km dal confine naturale dell'area protetta, è stato inserito nella zona B di Riserva Generale del Parco dei Nebrodi. Il rilievo, distante appena 2 km dalla costa, è verosimilmente interpretato dal punto di vista geostrutturale come un *klippen* e costituisce un apprezzabile *reservoir idrico* per una regione contraddistinta dalla frequente scarsità d'acqua.

Sulla cima di Monte San Fratello si erge il Santuario dei “Santi Fratelli” dell'XI - XII secolo, dall'inconfondibile stile arabo-normanno.

Nel settore Nord, alla base di Pizzo Castellaro (280 m), si sviluppa la Grotta di San Teodoro (Fig. 2). Scavi eseguiti all'interno e all'esterno di questa caverna hanno portato alla luce resti fossili di vertebrati e un deposito paleolitico, ricco di manufatti litici e di resti umani.

## Cenni geologici

Nell'area si sviluppano estesamente i terreni dell'Unità Longi-Taormina, costituiti da un basamento cristallino pretriassico e dalle relative coperture sedimentarie, sovrascorsi sulle formazioni torbiditico-arenacee delle Unità Sicilidi (Fig. 3) (CAPPADONA IGNAZZITTO, 2000).

I diversi litotipi hanno rapporti giaciturali complessi, originati dalla tettonica compressiva che ha interessato la catena dall'Eocene al Miocene e dalla successiva tettonica plio-quadernaria, con la conseguente formazione di faglie dirette E-W e N-S che hanno smembrato i depositi pleistocenici in blocchi e gradinate (NIGRO, 1994).

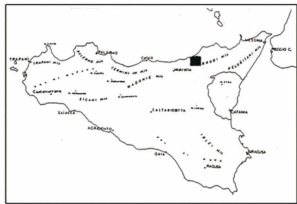
Le Unità Sicilidi sono rappresentate dal *Flysch di Monte Soro* (Albiano-Cenomaniano), costituito prevalentemente da alternanze quarzarenitiche feldspatiche e da argilliti fogliettate.

I rilievi sono rappresentati in prevalenza dall'Unità Longi-Taormina, che affiora estesamente lungo i bordi occidentali dell'Arco Calabro-Peloritano da S. Agata Militello fino a Taormina. L'unità è costituita da: *basamento epimetamorfico* (Paleozoico); *calcari massivi* (Lias inf.); *calclutiti* (Lias inf.); *scaglia* (Cretaceo-Paleocene); *Flysch di Frazzandò* (Eocene-Oligocene) e *Flysch di Capo d'Orlando* (Oligocene-Miocene). Le Unità Antisicilidi, ricoprenti tettonicamente il Flysch di Capo d'Orlando, sono invece rappresentate dalle *Argille Variegate* (Cretaceo) e presentano uno spessore di poche decine di metri.

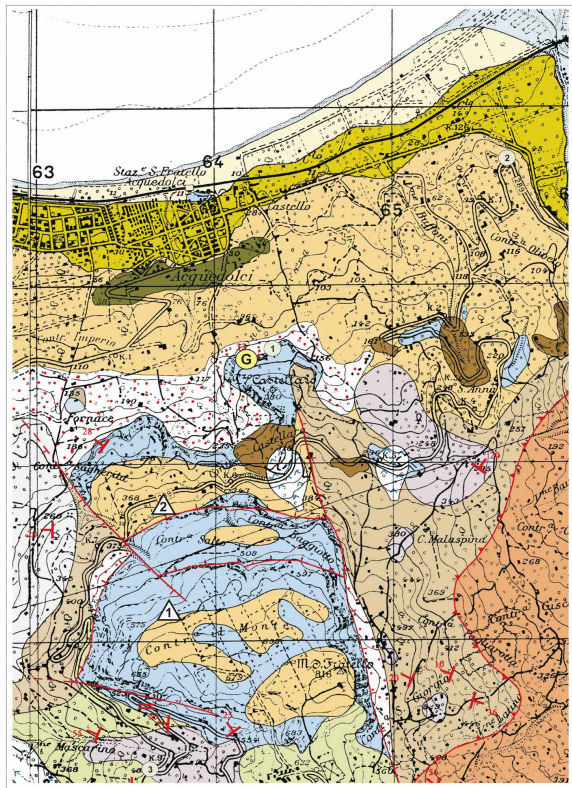
Nei Nebrodi la notevole dislocazione altimetrica dei terreni del Pleistocene medio attesta inequivocabilmente la recente mobilità dell'intera regione. I sedimenti alluvionali, costituiti

# Carta Geologica M. San Fratello

## Legenda



- G Grotta S. Teodoro
- 3 Sorgente
- 2 S.E.V.



- Principali coltri detritiche
- Alluvioni attuali (Olocene)
- Alluvioni recenti (Olocene)
- Terrazzo marino (Pleistocene medio-sup.)
- Alluvioni (Pleistocene med.)
- Unità Antisicilidi
- Argille Variegate (Cretaceo-Paleocene)
- Unità Longi-Taormina
- Flysch di Capo d'Orlando (Oligocene-Miocene)
- Flysch di Frazzanò (Eocene-Oligocene)
- Scaglia (Cretaceo-Paleocene)
- Calciutiti con selce in facies di "medolo" (Lias inf.)
- Calcarei massivi (Lias inf.)
- Basamento metamorfico (Paleozoico)
- Unità Sicilide
- Flysch di M.te Soro (Albiano-Cenomaniano)
- Simboli convenzionali
- ↖ D.I.P.
- ↗ Faglia certa (a)
- ↗ Faglia presunta (b)
- ↗ Sovrascorrimento
- Limiti stratigrafici
- Frane principali

**Fig. 3 -** Carta geologica dell'area di Monte San Fratello, Fondo topografico dai tipi dell'Istituto Geografico Militare (Autorizzazione n. 5575 in data 24/04/2002).

da sabbie quarzose giallo-rossastre con livelli conglomeratici, sono distribuiti a differenti quote, a partire dalla cima di Monte S. Fratello fino alla fascia costiera. Spesso questi depositi clastici, che si presentano sotto forma di spianate d'abrasione, rappresentano dei terrazzi marini e sono classicamente attribuiti alle “*Sabbie e Ghiaie di Messina*” (LENTINI *et al.*, 2000).

I sedimenti del Pleistocene medio-superiore, costituiti da sabbie, limi e ghiaie a ciottoli arrotondati ed appiattiti eterometrici, presentano una stratificazione poco evidente e uno spessore in genere modesto; questi depositi al tetto sono modellati da un terrazzo d'abrasione marina che si sviluppa mediamente tra le quote di 30 e 10 m s.l.m. e su cui sorge l'abitato di Acquedolci. Lungo la costa sono presenti anche depositi litorali dell'Olocene - talora terrazzati - e il detrito di falda.

## Geomorfologia

Dal punto di vista morfologico, l'area può essere divisa in due zone principali:

- la *prima*, che comprende il centro abitato di Acquedolci e la fascia pedemontana, si presenta allungata parallelamente alla costa ed è caratterizzata dall'andamento subpianeggiante e poco accidentato dei rilievi collinari, che si abbassano fievolemente verso la costa tramite dolci superfici di raccordo;
- la *seconda*, che si sviluppa nel settore sud, è caratterizzata da una morfologia accidentata e da pareti verticali.

Il punto più alto dell'area è costituito da M. San Fratello (816 m s.l.m.), delimitato a Nord da ripide e scoscese scarpate, con pareti subverticali originate da due sistemi principali di faglie con andamento NNW-SSE e NNE-SSO.

Nell'area investigata il mare quaternario ha lasciato segni ben precisi della sua permanenza e della sua azione modellatrice. L'esistenza di antiche linee di riva, che rappresentano le varie tappe dell'emersione della regione, è dimostrata dall'esistenza di falesie, grotte, solchi di battente, tracce di organismi litofagi e gradinate di terrazzi, che possono estendersi con forme di notevole estensione areale o con superficie terrazzate larghe soltanto poche decine di metri. Questi ultimi, in particolare, consentono di ricostruire le fasi finali dell'orogenesi caratterizzata da una surrezione di tutta l'area tirrenica nebroidea (LENTINI *et al.*, 2000, *op. citata*).

Anche se interessati da faglie, che ne hanno localmente variato le quote, i vari lembi di terrazzi marini sono stati raggruppati in diversi ordini. HUGONIE (1982) ha riconosciuto nell'area nebroidea sette ordini di terrazzi, distribuiti dalla linea di costa sino alla quota di 700 m.

LENTINI *et al.* (2000, *op. citata*) individuano invece nell'area sei ordini di terrazzi disposti rispettivamente alle quote di 550, 480, 380, 250, 130-80, 40 m. Sempre secondo questi Autori, il terrazzo di quinto ordine è il più esteso arealmente e deriva in gran parte dalla riesumazione delle preesistenti paleosuperfici di appoggio dei depositi medio-pleistocenici. Anche per BONFIGLIO (1991) questo terrazzo, compreso tra quota 130 e 60 m s.l.m., presenta una notevole estensione, senza soluzione di continuità in tutta la Sicilia nord-orientale. Più a Nord, in prossimità della linea di costa (Acquedolci), il terrazzo di V ordine non è chiaramente individuabile giacché la pendenza delle alluvioni aumenta gradualmente raccordandosi con la scarpata subverticale del massiccio carbonatico del Pizzo Castellaro, che forma il margine esterno di un terrazzo marino più antico (BONFIGLIO, 1997). Nell'area, a quota maggiore si individuano altri terrazzi marini, tra i quali il più evidente e interessante è certamente quello che delimita la parte sommitale di M. S. Fratello.

Nei calcari sono diffuse le morfologie superficiali del carsismo scoperto, poco sviluppate,



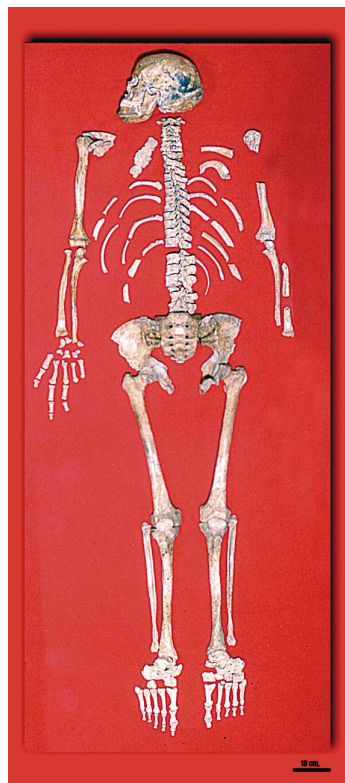
**Fig. 1** - Monte San Fratello nel suo versante nord-occidentale.



**Fig. 2** - La grotta di San Teodoro.



**Fig. 5** - Reperti litici rinvenuti nella Grotta di San Teodoro.



**Fig. 4** - Scheletro di "Thea", attribuito all'*Epigravettiano finale* (Grotta di San Teodoro).



incomplete ed incise in modo grossolano; il carsismo superficiale è rappresentato da microforme quali semplici scannellature, fori di dissoluzione, vaschette poco profonde e altre forme attestanti un drenaggio concentrato.

Le pareti settentrionali di Pizzo Castellaro sono incise da una serie di forre e larghe diaclasi epigeniche con direzione NNW-SSE, in cui si sviluppano la *Grotta di San Teodoro* e il *Riparo Maria*. Quest'ultimo è un antro di modellamento marino dalla forma triangolare, alto circa 6 m e con il pavimento privo di deposito. La *Grotta di San Teodoro*, dall'andamento prevalentemente orizzontale, si apre a 144 m di quota con le dimensioni di circa 60 m di lunghezza e 20 di larghezza, con un'altezza che varia dai 10 m dell'entrata fino ai 20 nella parte centrale. Si è sviluppata in corrispondenza di una discordanza tettonica, e può essere verosimilmente considerata la risorgenza fossile di un acquifero, localizzato ormai ad una quota inferiore.

Sul pavimento dell'ampia caverna sono presenti grossi blocchi calcarei caduti dalla volta, che nella parte terminale formano un vero e proprio accumulo. Secondo un'antica leggenda, pare che dietro quest'ammasso vi fosse un passaggio segreto che metteva in comunicazione la cavità con il Santuario dei "Santi Fratelli" e che il muro che sbarrava l'ingresso della grotta fosse stato costruito dagli antichi abitanti a difesa dalle incursioni saracene (BURGIO e DI PATTI, 1990).

Nella roccia, lungo la falesia e all'interno delle grotte, sono presenti tracce di fori di organismi litofagi e ampi solchi orizzontali, questi ultimi verosimilmente interpretabili come scannellature marine parietali interne, che attestano in forma indubitabile lo stazionamento e il modellamento del mare pleistocenico.

### **Le emergenze paleontologiche e paleontologiche della grotta di San Teodoro**

Da un punto di vista paleontologico l'area in esame è conosciuta nel mondo scientifico sin dal XIX secolo, quando il barone Francesco ANCA (1860) effettuò i primi scavi nella cavità portando alla luce un ricco deposito a vertebrati fossili. Egli riconobbe due orizzonti cronologicamente ben distinti: l'orizzonte inferiore caratterizzato dalla presenza di mammiferi estinti, mentre in quello superiore, oltre ai resti d'animali utili all'alimentazione dell'uomo, si trovò un'industria litica così ricca da ritenere la Grotta di San Teodoro "*quale stazione permanente prescelta dai nostri aborigeni a passarvi la vita*".

Nel 1928 FABIANI effettua un saggio nella grotta, rinvenendo i primi resti umani. In seguito, tutte le ricerche saranno finalizzate allo studio dei reperti umani e dell'industria litica che - a differenza di quella della maggior parte dei siti siciliani - ha la caratteristica di essere modellata in quarzarenite, conformemente alle caratteristiche litologiche della zona. Le prime sepolture umane furono rinvenute da Malviglia nel 1941 e attribuiti al tipo di *CroMagnon*; successivamente GRAZIOSI (1943) trovò uno scheletro in perfetta posizione stratigrafica. Tale rinvenimento è da considerarsi eccezionale per completezza e stato di conservazione: si tratta di uno scheletro femminile denominato "Thea" (Fig. 4), esposto nel Museo Geologico "G.G. Gemmellaro" dell'Università di Palermo e attribuito, in base alla tipologia dell'industria, all'Epigravettiano finale (da 15.000 a 10.000 anni fa).

Le industrie litiche, rinvenute in abbondanza sia all'interno sia all'esterno della caverna, sono rappresentate da numerosi strumenti di selce e quarzite (bulini; grattatoi del tipo "frontale", in prevalenza a scarpa e a ventaglio; strumenti a dorso del tipo punte a dorso e geometrici), appartenenti all'orizzonte epigravettiano del Paleolitico Superiore (Fig. 5) e che rivelano la presenza di almeno due facies culturali delle quali la prima sicuramente microlitica (VIGLIARDI, 1989).

Sul *talus* antistante la grotta, sono state effettuate tra il 1983 ed il 1987 numerose campa-

gne di scavo da parte dell'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Messina. Scavi che hanno portato alla luce un deposito fossilifero di *Hippopotamus* il quale, per la ricchezza e la completezza degli esemplari, può considerarsi una delle aree paleontologiche più interessanti del bacino mediterraneo. Durante queste campagne sono state scavate sette trincee, che hanno messo – tra l'altro – in evidenza una precedente linea di costa a quota 131 m, rappresentata da una piattaforma di abrasione sui calcari e da ghiaie litorali sterili. Da un esame dei reperti rinvenuti, si è desunto che al di sopra di questa superficie d'abrasione si trovasse un bacino lacustre contenente migliaia di resti di *Hippopotamus pentlandi* associato a *Elephas* sp., *Cervus* sp., *Ursus* sp., *Canis* sp., *Testudo* sp.

Per BONFIGLIO (1997, *op. citata*), i parametri tafonomici indicano che l'antico bacino lacustre, al fondo del quale si sono depositati i resti ossei, si estendeva a partire dalla base della falesia carbonatica e aveva in origine una profondità di almeno 14 m.

Datazioni geochimiche, eseguite tramite la tecnica di racemizzazione degli amminoacidi sullo smalto dei denti di *Hippopotamus* e *Elephas mnaidriensis* del deposito in esame, hanno fornito rispettivamente età di  $200.000 \pm 40.000$  anni e  $455.000 \pm 90.000$  anni (BADA *et al.*, 1991).

Per la spettacolare abbondanza di reperti nel deposito lacustre di Acquedolci, in alcune trincee le ossa fossili sono state lasciate in posto allo scopo di realizzare un Museo Paleontologico all'aperto.

Negli ultimi anni, le campagne di scavo si sono estese anche all'interno della grotta “dove è emerso un aspetto biostratigrafico assolutamente nuovo relativo alla coesistenza dell'elefante endemico *Elephas mnaidriensis* con l'asino idruntino, una specie finora caratterizzante dell'associazione di Castello, che si ritiene giunto in Sicilia non prima di 18.000 anni fa, e con il roditore *Microtus (Terricola) savii* (BONFIGLIO, 1999).

Dalla collezione presente nel Museo Geologico “G.G. Gemmellaro” dell'Università di Palermo e dall'analisi bibliografica, la fauna presente a San Teodoro risulta così composta:

MAMMALIA: *Homo sapiens sapiens*; *Crocota crocuta spelaea* (Goldfuss, 1823); *Canis lupus* L., 1758; *Vulpes vulpes* (L., 1758); *Ursus* cfr. *arctos* L., 1758; *Bos primigenius siciliae* Pohlig, 1911; *Bison priscus siciliae* Pohlig, 1911; *Equus hydruntinus* Regalia, 1904; *Cervus elaphus* L., 1758; *Cervus elaphussiciliae* Pohlig, 1911; *Dama dama* (L., 1758); *Ovis* sp. (o altro ruminante vicino); *Elephas mnaidriensis* Adams, 1857; *Hippopotamus* sp.; *Sus scrofa* L., 1758; *Hystrix cristata* L., 1758; *Microtus (Terricola) savii*, DeSelys-Longchamps, 1836.

AMPHIBIA: *Bufo bufo* L. 1758.

REPTILIA: *Testudo* sp.

AVES: Specie indeterminate.

## IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area in esame sono state più volte riportate in lavori precedenti (per esempio, vedasi ABBATE *et al.*, 1994; CIMINO *et al.*, 1997; CIMINO *et al.*, 1998). Il clima dell'area è riconducibile al tipo mediterraneo subtropicale. L'evapotraspirazione reale può essere stimata in media a 493 mm, valore corrispondente all'incirca al 58% della precipitazione media annua, che è di 852 mm, con un'ottantina di giorni piovosi (stazione termo-pluviometrica di San Fratello). Con riferimento alla carta geologica dell'area (Fig. 3), è possibile distinguere nel territorio diversi complessi idrogeologici, caratterizzati da una certa omogeneità di comportamento, raggruppati in quattro classi di permeabilità, di seguito elencate.

- *Elevata* - Qui vengono inseriti i detriti di falda, presenti diffusamente ad Est del massic-

cio di Monte San Fratello (C.da San Giorgio) e nel versante Nord dello stesso rilievo oltre che, più limitatamente, alle pendici di Pizzo Castellaro.

- *Intermedia* - Comprende tutti i terreni prevalentemente carbonatici dell'Unità Longi-Taormina, caratterizzati da permeabilità di tipo secondario per fratturazione e carsismo. Vi ricadono, inoltre, con permeabilità variabile per porosità, i terreni del Pleistocene sup. della Piana di Acquedolci (alluvioni marine e fluviali, talora terrazzate), costituiti sia da formazioni pelitiche frammiste ad elementi grossolani, sia da depositi tipicamente lenticolari formati da sabbie associate a ciottoli e a ghiaie.

- *Bassa* - Vi rientrano, con permeabilità secondaria per fessurazione, i calcari marnosi a stratificazione fine e le marne (calcolutiti con selce in *facies* di Medolo e Scaglia).

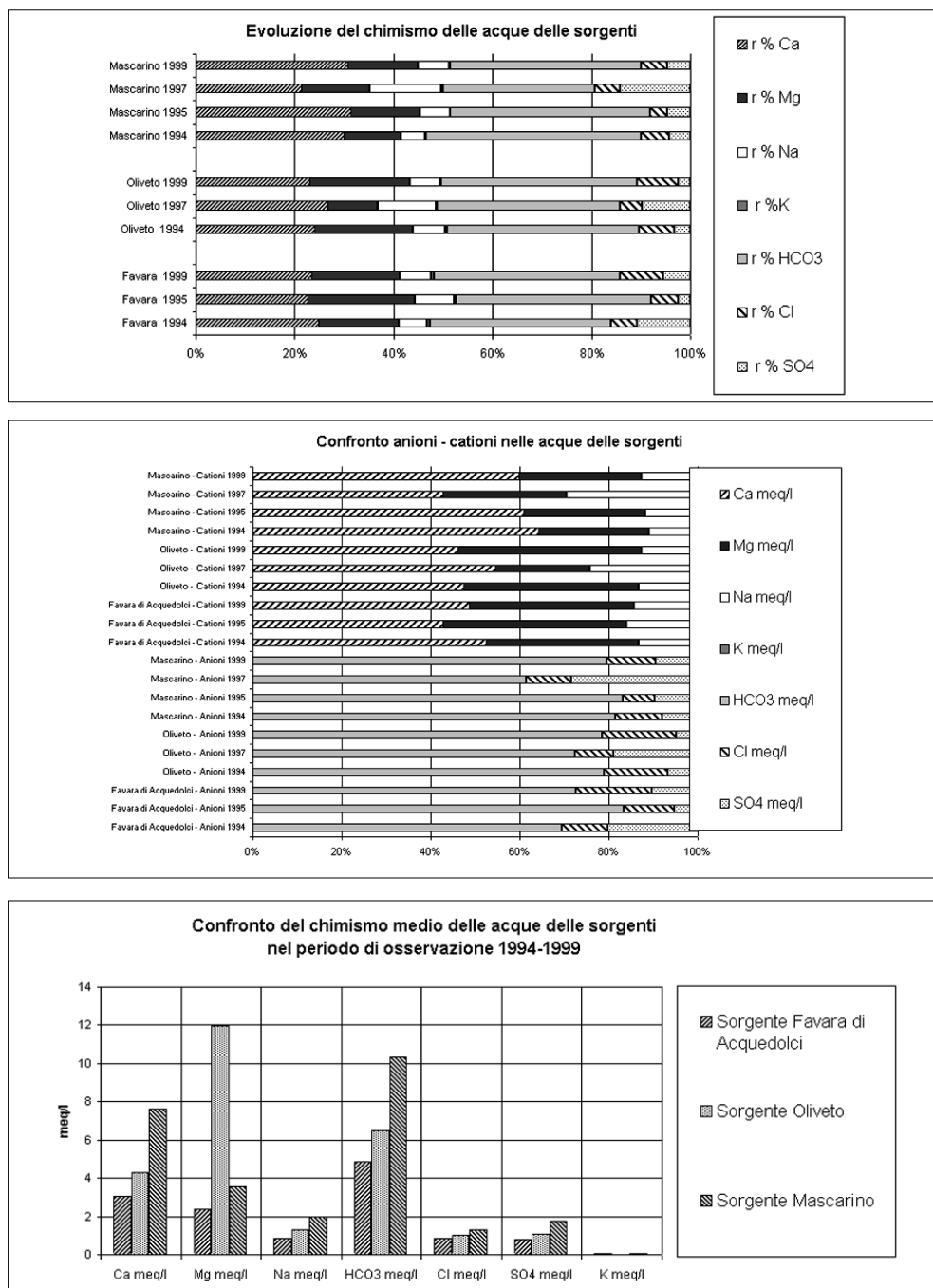
- *Molto modesta o praticamente nulla* - Sono ivi comprese tutte le formazioni flyschoidi e le Argille Variegate che affiorano a Sud di Acquedolci. Vengono anche inclusi in questa classe i piccoli lembi di metamorfiti di basso grado, caratterizzati da una bassa circolazione idrica sotterranea limitata quasi esclusivamente alla coltre epidermica di alterazione ed alla ridotta rete di fratturazione. Questi terreni esplicano un'azione di tamponamento sulla circolazione della falda di base; la loro permeabilità, pur complessivamente molto bassa, può risultare localmente variabile in relazione al reticolo di fratturazione.

La falda di base defluisce regionalmente verso N in direzione della pianura costiera e del mare. Sono presenti nell'area alcune sorgenti, in prevalenza di discordanza tettonica, che rappresentano il recapito di una parte consistente delle acque sotterranee. Quelle localizzate ai margini di M. San Fratello, in prossimità della zona di contatto tra formazioni a differente permeabilità, presentano portate modeste. Tra esse citiamo la *Sorgente Oliveto*, la cui portata, estremamente bassa, è dell'ordine di 0,2 l/s, e la *Sorgente Mascarino* (rispettivamente n. 2 e n. 3 in Fig. 3). Quest'ultima sgorga nel settore meridionale, al contatto tra i calcari e il *Medolo*, con una portata media di 0,1 l/s: questa sorgente risente fortemente delle variazioni delle precipitazioni. In alcuni casi, nel periodo invernale e primaverile si hanno portate che arrivano anche ad 1 l/s, per ridursi fino ad esaurirsi nel periodo estivo. Di molto superiore è invece la portata della *Sorgente Favara di Acquedolci* (sorgente n. 1 in Fig. 3), la più importante di questo settore dei Nebrodi, che sgorga da un sistema di fratture alle pendici del Pizzo Castellaro a 100 m s.l.m., con una portata media di 18 l/s.

Parte delle acque sotterranee immagazzinate negli acquiferi carbonatici trova recapito nella pianura alluvionale (Piana di Acquedolci), dove all'incirca un centinaio di pozzi, con una produttività media di 0,5-1 l/s, vengono sfruttati principalmente per uso irriguo. In alcuni di questi, come in altri punti d'acqua della fascia costiera, si riscontrano fenomeni d'ingressione marina per sovrasfruttamento dell'acquifero superiore. Questo avviene principalmente nel settore N-E della piana dove, in alcuni punti d'acqua prossimi alla linea di costa, si è misurata un'elevata concentrazione in ioni sodio e cloro.

Prospezioni geochimiche eseguite in più anni successivi, a partire dal 1994, hanno consentito numerose determinazioni delle principali caratteristiche chimico-fisiche per numerose sorgenti di questo settore dei Monti Nebrodi. Per quanto riguarda le sorgenti considerate in questa nota, è possibile classificare le acque come *bicarbonato-alcalino-terrose*, con un rapporto Ca/Mg sempre superiore all'unità ed un'evoluzione del chimismo nel tempo moderatamente variabile e dipendente dalla stagione di prelievo. Il chimismo delle acque delle tre sorgenti considerate può essere riassunto dalle Figg. 6a, b e c, i cui diagrammi mostrano rispettivamente l'*evoluzione della composizione chimica* delle acque nei rispettivi intervalli di rilevazione, il *confronto anioni/cationi* ed, infine, il *confronto del chimismo medio*.





**Fig. 6** - Chimismo delle sorgenti campionate nell'area carbonatica di Monte San Fratello.  
a) Evoluzione della composizione chimica delle acque nei rispettivi intervalli di rilevazione;  
b) Confronto anioni/cationi;  
c) Confronto del chimismo medio.

Dall'osservazione dei tre diagrammi possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- la sorgente Favara, più produttiva, presenta una relativa costanza del chimismo nel tempo, confermando, rispetto alle altre, la presenza di un vasto *reservoir* di alimentazione e di una circolazione delle acque in un reticolato carsico molto ben sviluppato, che possiamo definire *per acque incanalate*;

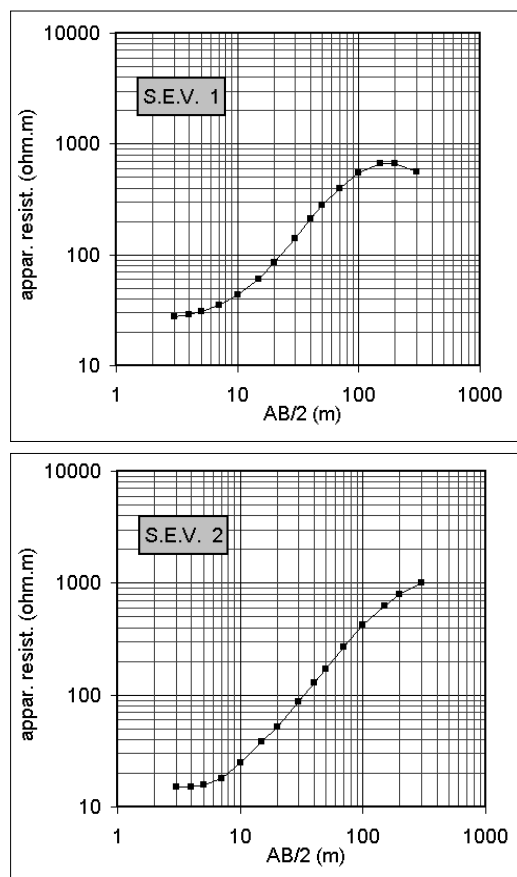
- per le sorgenti meno produttive, la concentrazione media durante tutto l'arco delle rilevazioni (dal 1994 al 1999) indica un contenuto generalmente più elevato dei singoli costituenti (in particolare per gli ioni bicarbonato, calcio e magnesio), indicando per queste acque una circolazione per circuiti idrici più complessi e tortuosi e con un contatto più prolungato nei terreni attraversati, circolazione quindi definibile in tal caso *per acque filtranti*;

- la complessivamente bassa percentuale di ioni solfato, cloruro e sodio per tutte le sorgenti esaminate, unitamente alla loro relativa costanza nel tempo, confermerebbe – per l'area carbonatica – un basso grado di contaminazione antropica.

Nell'area nebroidea, come anche in quella peloritana, sono state eseguite, in epoche successive, diverse campagne di Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.). Nel settore di M. San Fratello è

stata iniziata una nuova campagna di misure geoelettriche, con il proposito di individuare il limite tra l'acquifero carbonatico e le sottostanti unità impermeabili. Queste recentissime prospezioni si aggiungono a quelle già eseguite più a valle nella piana di Acquadolci, la cui reinterpretazione e rielaborazione avevano consentito di ottenere mappe di curve isoanomale di resistività apparente (CIMINO *et al.*, 1997, *op. citata*). I valori più bassi di  $\rho_a$  relativamente alla piana di Acquadolci sono stati riscontrati in prossimità della linea di costa e delle foci torrentizie, dove sono stati riscontrati fenomeni di intrusione marina, come denunciato dal chimismo delle acque di alcuni pozzi.

Come detto, tali misure sono state recentemente integrate con nuove prospezioni geoelettriche, consentendo di valutare anche gli spessori dell'acquifero carbonatico. La Fig. 7 mostra le curve di due S.E.V., eseguiti sulla sommità di M. San Fratello e sulle sue pendici settentrionali (C.da Salto) (S.E.V. N. 1 e 2 in Figg. 7a e 7b rispettivamente). L'interpretazione preliminare di tali S.E.V. ha denunciato spessori minimi dell'acquifero carbonatico rispettivamente di non più di 150 e di almeno 300 m, confermando i modelli idrostrutturali precedentemente proposti per l'intera area (ABBATE *et al.*, 1994, *op. citata*).



**Fig. 7** - Curve di Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.) eseguiti nell'area di Monte San Fratello (vedi Fig. 4).

a) S.E.V. n. 1, Contrada Il Monte (m 615 s.l.m.);

b) S.E.V. n. 2, Contrada Salto (m 410 s.l.m.).

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per la complessiva tutela ambientale di questo comprensorio dei Nebrodi (in particolare della sorgente Favara, delle grotte di *San. Teodoro* e *Riparo Maria* e della limitrofa falesia di modellamento marino), si propone di inserire l'area di Pizzo Castellaro nella zona B del Parco dei Nebrodi. Nell'ambito delle attività di gestione del Parco, si potrebbe così realizzare il Museo Paleontologico all'aperto e progettare un itinerario naturalistico, paesaggistico ed archeologico che, partendo dalla grotta, arrivi alla zona carsica e di modellamento marino di Pizzo Castellaro fino all'area archeologica che sorge sulla cima di Monte San Fratello.

In particolare, visto che la maggior parte delle acque sorgentizie analizzate possiede le caratteristiche chimico-fisiche delle acque potabili, si potrebbe pertanto ipotizzare lo sfruttamento di certi acquiferi, come in altre aree dei Nebrodi, dopo approfondimento delle indagini anche a livello microbiologico. Naturalmente debbono essere valutate le condizioni geologiche ed eventuali contaminazioni antropiche o naturali degli acquiferi da sfruttare. L'utilizzo di acque sorgentizie riconosciute idonee, che tra l'altro vengono già parzialmente utilizzate dalle popolazioni locali, oltre a possibili vantaggi economici, darebbe luogo a benefici ambientali non indifferenti.

## BIBLIOGRAFIA

- ABBATE R., CIMINO A., EMMA S., MARTORANA TUSA A., ORECCHIO S., 1994 – Lineamenti geomorfologici ed idrogeologici dell'acquifero carbonatico del territorio di Acquadolci (Messina). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 27, 48: 579-597.
- ANCA F., 1860 – Note sur deux nouvelles grottes ossifères découvertes en Sicile en 1859. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 17: 684-695.
- BADA J., BELLUOMINI G., BONFIGLIO L., BRANCA M., BURGIO E., DELITALIA L., 1991 – Isoleucine epimerization ages of Quaternary mammals from Sicily. *Il Quaternario*, 4: 49-54.
- BONFIGLIO L., 1991 – Correlazioni tra depositi a mammiferi, depositi marini, linee di costa e terrazzi medio e tardo-pleistocenici nella Sicilia Orientale. *Il Quaternario*, 4: 205-214.
- BONFIGLIO L., 1997 – Il deposito lacustre a ippopotami di Acquadolci (Messina). In "Prima Sicilia", Palermo 18 ottobre-22 dicembre 1997, Ediprint: 73-75.
- BONFIGLIO L., 1999 – Fossili quaternari nell'area dei Nebrodi documenti per 200.000 anni di storia della Sicilia e per il suo futuro sviluppo. In: "Miscellanea Nebroidea", Rotary Club Sant' Agata Militello: 37-62.
- BURGIO E., DI PATTI C., 1990 – I vertebrati fossili della Grotta di San Teodoro (Acquadolci - Sicilia). *Naturalista Siciliano*, S. IV, 14: 1-19.
- CAPPADONA IGNAZZITTO S., 2000 – Contributo all'idrogeologia dei Monti Nebrodi: l'area di Acquadolci - San Fratello. Tesi di laurea, Università di Palermo, Facoltà di Scienze MM., FF., NN., Corso di Laurea in Scienze Geologiche, A.A. 1999-2000, Palermo: 101 pp.
- CIMINO A., ABBATE R., MACALUSO M., ORECCHIO S., 1997 – Karst hydrogeology and vulnerability in a coastal sector of Nebrodi Mts. region (Northern Sicily). *Atti 6<sup>a</sup> Conferenza "Limestone Hydrology and Fissured Aquifers"*, La Chaux-de-Fonds (Svizzera), 15-17 agosto 1997: 205-208.
- CIMINO A., ABBATE R., MARTORANA TUSA A., 1998 – The Regional Park of Nebrodi Mts. (Sicily): a contribution to an integrated management of groundwater. *Environmental Geology*, 43 (4): 320-328.
- FABIANI R., 1928 – Cenni sulle raccolte di Mammiferi Quaternari del Museo Geologico della Regia Università di Palermo e sui risultati dei nuovi saggi esplorativi. *Boll. Ass. Min. Sic.*, 4: 25-34.

- GRAZIOSI P., 1943 – Gli scavi dell’Istituto Italiano di Paleontologia Umana nella Grotta di San Teodoro (Messina), nota preliminare. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, 52: 82-99.
- HUGONIE G., 1982 – Mouvements tectoniques et variations de la morphogenèse au Quaternaire en Sicilie Septentrionale. *Rev. Géol. Dyns. Géogr. Phys.*, 23 (1): 3-14.
- LENTINI F., CATALANO S., CARBONE S., 2000 – Note illustrative alla Carta Geologica della Provincia di Messina. Scala 1:50.000. S.E.L.C.A.: 70.
- NIGRO F., 1994 – Nota illustrativa alla Carta geologica del Settore Occidentale di affioramento dell’Unità Longi-Taormina (Monti Nebrodi, Sicilia NE). *Riv. Min. Sic.*, 6, 174: 31-42.
- VIGLIARDI A., 1989 – L’industria litica della Grotta di San Teodoro. Da “Ippopotami di Sicilia. Paleontologia e archeologia nel territorio di Acquadolci”, E.D.A.S.: 61-69.